

Recherche de résonances produites en
association avec ou se désintégrant en un
boson Z à grand moment transverse avec
le détecteur ATLAS au LHC

*Search for resonances produced in association with or
decaying to a Z boson at large transverse momentum with
the ATLAS detector at the LHC*

**Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay et de
l'université des sciences et technologies de Chine**

École doctorale n° 576 : Particules, Hadrons, Énergie, Noyau,
Instrumentation, Imagerie, Cosmos Simulation (PHENIICS)
Spécialité de doctorat : La physique des particules
Graduate School : Physique. Référent : Faculté des sciences d'Orsay

Thèse préparée dans les unités de recherche Laboratoire de Physique des deux
Infinis Irène Joliot-Curie (Université Paris-Saclay, CNRS) et State Key Laboratory
of Particle Detection & Electronics (USTC), sous la direction de Zhiqing ZHANG,
Directeur de recherche, et la direction de Haiping PENG, Professeur

Thèse soutenue à Hefei, le 2 Mars 2022, par

Kunlin HAN

Composition du jury

Nicolas BERGER

Directeur de recherche, LAPP

Shu LI

Associate professor, T.D. Lee Institute and Shanghai Jiao-Tong
University

Adam FALKOWSKI

Directeur de recherche, IJCLab

Lianliang MA

Professor, Shandong University

Gabriel FACINI

Lecturer, University College London

Zhiqing ZHANG

Directeur de recherche, IJCLab

Haiping PENG

Professor, University of Science and Technology of China

Rapporteur & Examineur

Rapporteur & Examineur

Examineur

Examineur

Examineur

Directeur de thèse

Co-Directeur de thèse

Titre: Recherche de résonances produites en association avec ou se désintégrant en un boson Z à grand moment transverse avec le détecteur ATLAS au LHC

Mots clés: ATLAS, Au-delà du modèle standard, Boson Z , Résonance

Résumé: Cette thèse présente une recherche générique de résonances réalisée avec les événements du boson Z se désintégrant en ee et $\mu\mu$ au moment transverse (p_T) supérieur à 100 GeV en utilisant les données correspondant à une luminosité intégrée de 139 fb^{-1} collectées avec le détecteur ATLAS dans les collisions pp à une énergie dans le centre de masse de 13 TeV au LHC. La recherche vise des résonances produites en association avec un boson Z et apparaissant ainsi comme un recul (X) du boson Z ou être un état intermédiaire (Y) se désintégrant en un boson Z et les particules du modèle standard ou une autre résonance X . La sélection de $p_T^Z > 100 \text{ GeV}$ permet de réduire le bruit de fond du modèle standard et d'améliorer la sensibilité de la recherche. Six catégories d'événements indépendantes sont définies pour être sensibles à différentes résonances se désintégrant dans différents états finals. Les ob-

servables utilisées pour la recherche sont la masse invariante d'objets visibles dans le système de recul (m_X) et celle de l'état final complet (m_{ZX}). Les distributions de masse dans les six catégories d'événements ainsi que leur combinée sont examinées pour les excès au-dessus d'une estimation du bruit de fond du modèle standard basée sur les données. Large plage de masse pour valeurs de masse de 200 GeV et jusqu'à environ 6 TeV peut être étudiée en fonction des spectres de masse et des catégories. Aucun excès significatif n'est observé dans les spectres de masse et les catégories d'événements considérés. Les limites supérieures d'exclusion sur la section efficace multipliée par le rapport de branchement multiplié par l'acceptance sont obtenues à un niveau de confiance de 95% d'une manière indépendante du modèle pour les signaux de forme Gaussienne avec trois valeurs de largeur relative de 3%, 5 % et 10%.

Title: Search for resonances produced in association with or decaying to a Z boson at large transverse momentum with the ATLAS detector at the LHC

Keywords: ATLAS, Beyond the Standard Model, Z boson, Resonance

Abstract: This dissertation presents a generic search for resonances performed with Z boson events decaying to e^+e^- and $\mu^+\mu^-$ at the transverse moment (p_T) greater than 100 GeV using proton-proton collisions data collected with the ATLAS detector, corresponding to an integrated luminosity of 139 fb^{-1} with a center-of-mass energy of 13 TeV. The search aims for resonances produced in association with a Z boson and thus appearing as a recoil (X) of the Z boson or be an intermediate state (Y) decaying to a Z boson and the Standard Model particles or another resonance X . The requirement of p_T helps suppress the Standard Model background and enhance the sensitivity of the search. Six independent event categories are defined to be sensitive to different resonances decaying in different final states. The observables

used for the search are the invariant mass of visible objects in the recoil system (m_X) and the full final state (m_{ZX}). The invariant mass distributions in all six event categories and their combined one are examined for local excesses above a data-driven estimate of the Standard Model background. Large mass range for mass values down to 200 GeV and up to around 6 TeV can be studied depending on the mass spectra and categories. No significant excess is observed in any mass spectrum and event category considered. Upper exclusion limits on cross-section times branching ratio times acceptance are derived at 95% confidence level in a model-independent way for Gaussian-shaped signals with three different relative width values of 3%, 5%, and 10%.